

**Film forming material, useful for the production of semiconductor devices, has a low dielectric constant and comprises siloxane resin and polycarbosilane.**

**Publication number:** DE10113110

**Publication date:** 2001-10-25

**Inventor:** NAKATA YOSHIHIRO (JP); FUKUYAMA SHUN-ICHI (JP);  
SUZUKI KATSUMI (JP); YANO EI (JP); OWADA TAMOTSU  
(JP); SUGIURA IWAO (JP)

**Applicant:** FUJITSU LTD (JP)

**Classification:**

**- International:** B32B7/02; B32B27/00; C08K5/13; C08L83/04; C08L83/16;  
C09D183/04; C09D183/16; H01L21/312; H01L21/316;  
H01L21/768; H01L23/522; H01L23/532; B32B7/02; B32B27/00;  
C08K5/00; C08L83/00; C09D183/04; C09D183/16; H01L21/02;  
H01L21/70; H01L23/52; (IPC1-7): H01L21/312; C08G77/12;  
C08G77/44; C08G77/50; H01L21/768

**- European:** C09D183/04; C09D183/16; H01L21/312B; H01L21/312B2;  
H01L21/768B; H01L23/522C; H01L23/532N

**Application number:** DE20011013110 20010315

**Priority number(s):** JP20000092138 20000329; JP20010002113 20010110

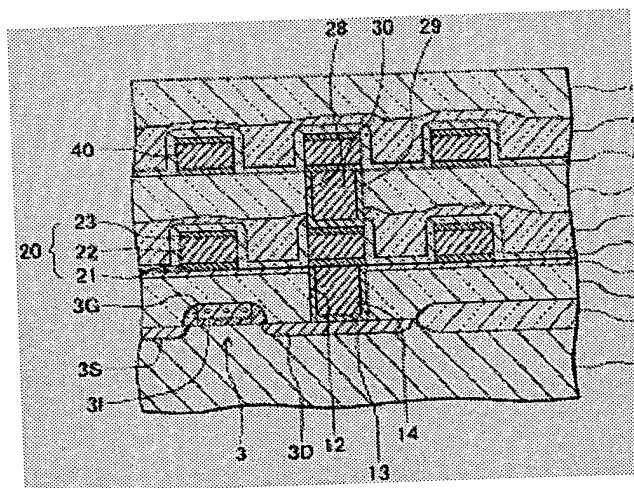
**Also published as:**

US6613834 (B2)  
US2001033026 (A)  
JP2001345317 (A)

**Report a data error he**

#### Abstract of DE10113110

A film forming material (I) has a low dielectric constant and comprises siloxane resin and polycarbosilane that are dissolved together. Independent claims are included for: (i) a film (II) prepared from the material (I) that is bonded with the siloxane resin; (ii) a semiconductor device comprising a semi-conductor substrate and a film (II); (iii) a process for the production of the semiconductor device by: (a) forming a first film of a silicon oxide containing porous material on a surface of a semi-conductor substrate; (b) forming a second layer of a second silicon oxide containing porous material directly onto the surface of the first film whereby the etching rate of the second film is greater than the etch rate of the first film; (c) forming a trench having a depth that is greater than the thickness of the second film and a through hole through the first film which partially overlaps with the trench and embedding a conductive material into the through hole and trench.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 13 110 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 L 21/312**  
H 01 L 21/768  
C 08 G 77/50  
C 08 G 77/12  
C 08 G 77/44

②① Aktenzeichen: 101 13 110.0  
②② Anmeldetag: 15. 3. 2001  
④③ Offenlegungstag: 25. 10. 2001

DE 101 13 110 A 1

③⑧ Unionspriorität:  
2000-092138 P 29. 03. 2000 JP  
2001-002113 P 10. 01. 2001 JP  
  
⑦① Anmelder:  
Fujitsu Ltd., Kawasaki, Kanagawa, JP  
  
⑦④ Vertreter:  
W. Seeger und Kollegen, 81369 München

⑦② Erfinder:  
Nakata, Yoshihiro, Kawasaki, Kanagawa, JP;  
Fukuyama, Shun-ichi, Kawasaki, Kanagawa, JP;  
Suzuki, Katsumi, Kawasaki, Kanagawa, JP; Yano, Ei,  
Kawasaki, Kanagawa, JP; Owada, Tamotsu,  
Kawasaki, Kanagawa, JP; Sugiura, Iwao, Kawasaki,  
Kanagawa, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Filmmaterial mit niedriger Dielektrizitätskonstante, Film und Halbleitervorrichtung, bei denen solch ein Material verwendet wird

⑤⑦ Ein Filmbildungsmaterial mit niedriger Dielektrizitätskonstante enthält Siloxanharz und Polycarbosilan, die in Lösungsmittel gelöst sind. Unter Verwendung dieser Lösung wird ein Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante gebildet, der Siloxanharz und Polycarbosilan enthält, das mit dem Siloxanharz verbunden ist. Ein Material aus einem Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante wird vorgesehene, das für ein Isolierfilmmaterial zwischen Ebenen geeignet ist. Ferner wird eine Halbleitervorrichtung vorgesehene, die einen Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante und hoher Zuverlässigkeit hat.

DE 101 13 110 A 1

## Beschreibung

[0001] Diese Anmeldung basiert auf den japanischen Patentanmeldungen 2000-92138, eingereicht am 29. März 2000, und 2001-2113, eingereicht am 10. Januar 2001, deren gesamter Inhalt hierin durch Bezugnahme inkorporiert ist.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## a) Gebiet der Erfindung

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft Filmmaterialien mit niedriger Dielektrizitätskonstante und Filme mit niedriger Dielektrizitätskonstante und Halbleitervorrichtungen unter Verwendung solcher Materialien.

## b) Beschreibung der verwandten Technik

[0003] Es besteht der Wunsch nach einer höheren Integration und höheren Geschwindigkeit von integrierten Halbleiterschaltungen. Eine Signalübertragungsgeschwindigkeit in einer integrierten Halbleiterschaltung wird durch den Verdrahtungswiderstand und die parasitäre Kapazität zwischen Verdrahtungsleitungen begrenzt. Der Verdrahtungswiderstand und die parasitäre Kapazität nehmen zu, wenn die Verdrahtungsbreite und -teilung aufgrund der höheren Integration von integrierten Halbleiterschaltungen schmal werden. Obwohl die parasitäre Kapazität reduziert werden kann, indem Verdrahtungsleitungen dünner gebildet werden, nimmt der Verdrahtungswiderstand zu, und die reduzierte Kapazität trägt nicht zu einer Verbesserung der Signalübertragungsgeschwindigkeit bei. Um die Signalübertragungsgeschwindigkeit zu erhöhen, ist es effektiv, einen Isolierfilm zwischen Ebenen zu bilden, der eine niedrige Dielektrizitätskonstante hat.

[0004] Herkömmlicherweise wird ein Isolierfilm zwischen Ebenen aus nichtorganischem Material wie etwa Siliciumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ), Siliciumnitrid ( $\text{SiN}$ ), Siliciumoxidfluorid ( $\text{SiOF}$ ) und Phosphorsilicatglas (PSG) oder organischem Polymer wie etwa Polyimid gebildet. Eine relative Dielektrizitätskonstante eines Siliciumdioxidfilms, der durch chemische Dampfabcheidung [chemical vapor deposition (CVD)] gebildet wird, beträgt etwa 4. Eine relative Dielektrizitätskonstante eines  $\text{SiOF}$ -Films beträgt etwa 3,3 bis 3,5 und ist damit niedriger als jene von Siliciumdioxid. Da  $\text{SiOF}$  jedoch eine hohe Feuchtigkeitsabsorptionsrate hat, absorbiert ein  $\text{SiOF}$ -Film leicht Feuchtigkeit und steigert seine relative Dielektrizitätskonstante.

[0005] Bezüglich Materialien mit niedriger Dielektrizitätskonstante ist die Aufmerksamkeit auf Siloxanharz mit Si-H-Verbindungen, poröses Siloxanharz oder dergleichen gerichtet worden.

[0006] Wenn Siloxanharz mit einer Alkalilösung gewaschen wird, wird aufgrund der Hydrolyse  $\text{SiOH}$  erzeugt, das eine hohe Feuchtigkeitsabsorptionsrate hat. Deshalb steigt bei Siloxanharz, das mit einer Alkalilösung gewaschen wird, die relative Dielektrizitätskonstante an. Demgegenüber hat ein organischer Polymerfilm eine niedrige Glasübergangstemperatur, wie etwa 200 bis  $350^\circ\text{C}$ , und einen hohen Wärmeausdehnungskoeffizienten. Schäden an Verdrahtungsschichten sind deshalb groß.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Materialien für Filme mit niedriger Dielektrizitätskonstante vorzusehen, die für Isoliermaterialien zwischen Ebenen geeignet sind.

[0008] Ein anderes Ziel der Erfindung ist es, Filme mit niedriger Dielektrizitätskonstante vorzusehen, die für Isolierfilme zwischen Ebenen geeignet sind.

[0009] Noch ein anderes Ziel der Erfindung ist es, Halbleitervorrichtungen vorzusehen, die Filme mit niedriger Dielektrizitätskonstante und eine hohe Zuverlässigkeit haben.

[0010] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Filmbildungsmaterial mit niedriger Dielektrizitätskonstante vorgesehen, das Siloxanharz und Polycarbosilan enthält, die zusammen gelöst wurden.

[0011] Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung ist ein Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante vorgesehen, der aus Siloxanharz und Polycarbosilan hergestellt ist, das mit dem Siloxanharz verbunden ist.

[0012] Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung ist eine Halbleitervorrichtung vorgesehen, mit einem Halbleitersubstrat und einem dielektrischen Film, der auf der Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates angeordnet ist und aus Material mit niedriger Dielektrizitätskonstante gebildet ist, das Siloxanharz und Polycarbosilan enthält, das mit dem Siloxanharz verbunden ist.

[0013] Durch das Hinzufügen von Polycarbosilan zu Siloxanharz kann die Beständigkeit eines Siloxanharzfilms gegenüber Alkali verbessert werden.

[0014] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Halbleitervorrichtung vorgesehen, die umfaßt: ein Halbleitersubstrat; einen ersten Film, der auf einer Oberfläche des Halbleitersubstrates gebildet ist und aus einem ersten siliciumoxidhaltigen porösen Material ist; und einen zweiten Film, der direkt auf dem ersten Film gebildet ist und aus einem zweiten siliciumoxidhaltigen porösen Material ist, wobei das zweite siliciumoxidhaltige poröse Material eine Ätzrate hat, die sich von einer Ätzrate des ersten siliciumoxidhaltigen porösen Materials unter derselben Ätzbedingung unterscheidet.

[0015] Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung vorgesehen, das die folgenden Schritte umfaßt: Bilden eines ersten Films aus einem ersten siliciumoxidhaltigen porösen Material auf einer Oberfläche eines Halbleitersubstrates; Bilden eines zweiten Films aus einem zweiten siliciumoxidhaltigen porösen Material direkt auf einer Oberfläche des ersten Films, wobei eine Ätzrate des zweiten siliciumoxidhaltigen porösen Materials schneller als eine Ätzrate des ersten siliciumoxidhaltigen porösen Materials ist; Bilden eines Grabens, der eine Tiefe hat, die größer als eine Dicke des zweiten Films ist, und eines Durchgangslochs durch den ersten Film, wobei das Durchgangsloch durch den Graben teilweise überlappt wird; und Vergraben eines leitfähigen Materials in dem Durchgangsloch und dem Graben.

[0016] Unter Verwendung von siliciumoxidhaltigem porösen Material als Material für die ersten und zweiten Filme kann eine Dielektrizitätskonstante verringert werden. Da sich die Ätzraten der ersten und zweiten Filme unterscheiden, ist es einfach, nur einen der Filme selektiv zu ätzen.

[0017] Wie oben kann durch Hinzufügen von Polycarbosilan zu Siloxanharz die Beständigkeit eines Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante gegenüber Alkali verbessert werden. Deshalb kann eine Dielektrizitätskonstante eines Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante auch nach einem Prozeß unter Verwendung einer Alkalilösung niedrig gehalten werden.

[0018] Durch Stapeln eines Films aus siliciumoxidhaltigem porösen Material mit einer schnelleren Ätzrate auf einem Film aus siliciumoxidhaltigem porösen Material mit einer langsameren Ätzrate kann das Ätzen der oberen Schicht bei relativ guter Steuerbarkeit gestoppt werden, wenn der untere Film exponiert ist.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0019] Fig. 1 ist ein Graph, der eine Beziehung zwischen Polycarbosilanzugabemengen und relativen Dielektrizitätskonstanten von Filmen zeigt, die aus Filmmaterialien mit niedriger Dielektrizitätskonstante gemäß ersten bis vierten Ausführungsformen gebildet sind.

[0020] Fig. 2 ist ein Graph, der eine Beziehung zwischen Polycarbosilanzugabemengen und Adhäsionsgraden von Filmen zeigt, die aus Filmmaterialien mit niedriger Dielektrizitätskonstante gemäß den ersten bis vierten Ausführungsformen gebildet sind.

[0021] Fig. 3 ist ein Graph, der eine Beziehung zwischen Polycarbosilanzugabemengen und relativen Dielektrizitätskonstanten von Filmen zeigt, die aus Filmmaterialien mit niedriger Dielektrizitätskonstante gemäß fünften bis achten Ausführungsformen gebildet sind.

[0022] Fig. 4 ist ein Graph, der eine Beziehung zwischen Polycarbosilanzugabemengen und Adhäsionsgraden von Filmen zeigt, die aus Filmmaterialien mit niedriger Dielektrizitätskonstante gemäß den fünften bis achten Ausführungsformen gebildet sind.

[0023] Fig. 5 ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung unter Verwendung von Filmen mit niedriger Dielektrizitätskonstante, die aus Materialien von irgendeiner der ersten bis achten Ausführungsformen gebildet sind.

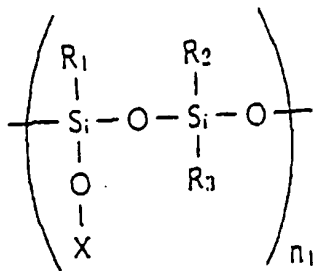
[0024] Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung unter Verwendung von Filmen mit niedriger Dielektrizitätskonstante gemäß einer neunten Ausführungsform der Erfindung.

[0025] Fig. 7 ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung unter Verwendung von Filmen mit niedriger Dielektrizitätskonstante gemäß einer zehnten Ausführungsform der Erfindung.

## EINGEHENDE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0026] Materialien eines Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante, die in Ausführungsformen der Erfindung verwendet werden, werden durch Lösen von Siloxanharz und Polycarbosilan in Lösungsmittel erhalten.

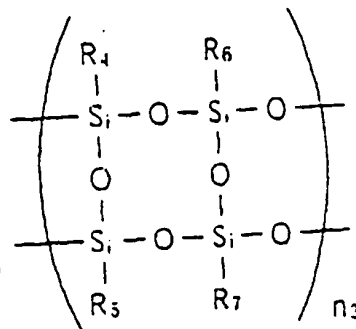
[0027] Siloxanharz kann jene Materialien verkörpern, die durch die folgende allgemeine chemische Formel ausgedrückt werden:



$R_1$  bis  $R_3$  verkörpern Wasserstoff, Sauerstoff oder eine einwertige Kohlenwasserstoffgruppe, wie etwa eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe und eine Phenylgruppe, und  $X$  verkörpert Wasserstoff oder Si. Die Anzahl  $n_1$  von Monomereinheiten beträgt 5 bis 200. Falls  $R_1$  bis  $R_3$  Wasserstoff sind, verbindet sich die Gruppe, die  $X$  ähnlich ist, mit diesen Sauerstoffatomen. Falls  $X$  Si ist, erstreckt sich eine Hauptkette aus  $(-Si-O-)$  von diesem Si-Atom. Das Harz, das durch die allgemeine chemische Formel ausgedrückt wird, kann sein: Harz, das durch einen Sol-Gel-Prozeß unter Verwendung von Tetraalkoxysilan, Trialkoxysilan, Methyltrialk-

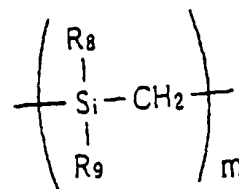
oxysilan oder dergleichen als Quellenmaterial gebildet wird; Harz, das durch einen Sol-Gel-Prozeß unter Verwendung eines Gemischs aus diesen Quellenmaterialien gebildet wird; Harz, das durch einen Sol-Gel-Prozeß unter Verwendung von Tetraalkoxysilan und Dimethylalkoxysilan als Quellenmaterial gebildet wird; und anderes Harz.

[0028] Siloxanharz können auch jene Materialien des Leiertyps sein, die zum Beispiel durch die folgende allgemeine chemische Formel ausgedrückt werden:



[0029] Wenigstens eines von  $R_4$  bis  $R_7$  verkörpert Wasserstoff, und die anderen verkörpern Wasserstoff, Sauerstoff oder eine einwertige Kohlenwasserstoffgruppe, wie etwa eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe und eine Phenylgruppe. Die Anzahl  $n_2$  von Monomereinheiten liegt zwischen 5 und 100. Das Harz, das durch die allgemeine chemische Formel ausgedrückt wird, kann Wasserstoffsilsesquioxan, Methylsilsesquioxan, fluorhaltiges Wasserstoffsilsesquioxan oder dergleichen sein.

[0030] Polycarbosilan können jene Materialien sein, die durch die folgende allgemeine chemische Formel ausgedrückt werden:



$R_8$  und  $R_9$  verkörpern Wasserstoff oder eine einwertige Kohlenwasserstoffgruppe, wie etwa eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe und eine Phenylgruppe, und  $X$  verkörpert Wasserstoff oder Si. Die Anzahl  $m$  von Monomereinheiten liegt zwischen 20 und 1000.

[0031] Einem verwendbaren Lösungsmittel sind keine besonderen Grenzen gesetzt, falls es Siloxanharz und Polycarbosilan lösen kann. Ein verwendbares Lösungsmittel kann zum Beispiel Cyclohexanon, Methylisobutylketon, Methyl-ethylketon, Methylcellosolve, Ethylcellosolve, Octan, Decan, Propylenglykol, Propylenglykolmonoethylether, Propylenglykolmonoethyletheracetat oder dergleichen sein.

[0032] Um einen porösen Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante zu bilden, kann eine organische Verbindung (Desorptionsagens), die durch Wärme oder Licht desorbiert werden kann, zu einem Lösungsmittel hinzugefügt werden. Solch eine organische Verbindung kann eine Adamantanverbindung wie etwa Adamantanmonophenol oder dergleichen sein. Ein poröser Film 0 mit niedriger Dielektrizitätskonstante hat eine Dielektrizitätskonstante, die niedriger ist, als wenn er nicht porös ist. Falls zuviel von dem Desorptionsagens hinzugefügt wird, wird die mechanische Festigkeit des Films verringert. Deshalb ist es zu bevorzugen, die Zugabemenge des Desorptionsagens auf 70 Gewichts-% oder

weniger bezüglich eines Gemischs aus Siloxanharz und Polycarbosilan festzulegen.

[0033] Die Erfinder haben herausgefunden, daß Siloxanharz, zu dem Polycarbosilan hinzugefügt ist, eine Eigenschaft zum Abstoßen einer Alkalilösung verliehen wird. Ein Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante aus dem oben beschriebenen Material kann eine Alkalilösung ohne weiteres abstoßen. Selbst wenn ein Halbleitersubstrat mit einem Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante, der aus solchem Material gebildet ist, in einer Alkalilösung bearbeitet wird, kann deshalb eine Hydrolyse des Films durch die Alkalilösung unterdrückt werden und eine Erhöhung der Dielektrizitätskonstante verhindert werden.

[0034] Da Polycarbosilan mit Siloxanharz hochkompatibel ist, kann es in Siloxanharz gleichförmig dispergiert werden.

[0035] Polycarbosilan hat eine hohe Feuchtigkeitsbeständigkeit. Durch Hinzufügen von Polycarbosilan zu porösem Siloxanharz, das geringerwertig ist, besonders hinsichtlich der Feuchtigkeitsbeständigkeit, kann die Feuchtigkeitsbeständigkeit von Siloxanharz beträchtlich verbessert werden.

[0036] Falls ein durchschnittliches Molekulargewicht von Polycarbosilan zu klein ist, wird das meiste Polycarbosilan durch Wärme während der Filmbildung verdampft. Falls das durchschnittliche Molekulargewicht zu groß ist, verringert sich die Löslichkeit von Polycarbosilan bezüglich des Lösungsmittels, so daß es schwierig ist, eine Beschichtungslösung herzustellen. Deshalb ist es vorzuziehen, ein durchschnittliches Molekulargewicht von Polycarbosilan auf einen Wert von 1000 oder höher und 500 000 oder kleiner festzulegen.

[0037] Falls Siloxanharz eine Silanolgruppe enthält, die eine hohe Feuchtigkeitsabsorptionsrate hat, ist die Seitenkette von Polycarbosilan vorzugsweise Wasserstoff, da Silanolgruppen durch eine Reaktion zwischen einer Silanolgruppe und Wasserstoff reduziert werden.

[0038] Falls die Zugabemenge von Polycarbosilan zu klein ist, können keine ausreichende Alkalibeständigkeit und Feuchtigkeitsbeständigkeit erhalten werden. Falls die Zugabemenge zu groß ist, verringert sich ein Adhäsionsgrad eines Films. Deshalb ist es vorzuziehen, die Zugabemenge von Polycarbosilan auf 10 bis 300 Gewichtsteile in bezug auf 100 Gewichtsteile Siloxanharz festzulegen.

[0039] Filmmaterial mit der niedrigen Dielektrizitätskonstante, das oben beschrieben ist, wird durch Schleuderbeschichtung auf die Oberfläche eines Halbleitersubstrates aufgetragen, ein Lösungsmittel wird bei 120 bis 250°C verdampft, und es erfolgt eine Wärmebehandlung bei 300°C oder mehr zur Vernetzung. Auf diese Weise kann ein Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante, in dem Polycarbosilan mit Siloxanharz vernetzt ist, erhalten werden.

[0040] Als nächstes wird ein spezifisches Verfahren zur Herstellung von Filmmaterial mit niedriger Dielektrizitätskonstante gemäß der ersten Ausführungsform beschrieben. [0041] 20,8 g (0,1 Mol) Tetraethoxysilan und 17,8 g (0,1 Mol) Methyltriethoxysilan werden in 39,6 g Methylisobutylketon gelöst. 16,2 g (0,9 Mol) Salpetersäurelösung mit einer Konzentration von 400 ppm werden in zehn Minuten eingetropft, und danach wird für zwei Stunden ein Alterungsprozeß ausgeführt. Tetraethoxysilan und Methyltriethoxysilan werden deshalb copolymerisiert, um Siloxanharz zu erzeugen.

[0042] Als nächstes werden 5 g Magnesiumnitrat hinzugefügt, um 1 einen übermäßigen Wasseranteil zu entfernen. Ethanol, das durch den Alterungsprozeß erzeugt wird, wird unter Verwendung eines Rotationsverdampfers entfernt, bis sich die Reaktionslösung auf 50 ml reduziert hat. 20 ml Methylisobutylketon werden zu der erhaltenen Reaktionslö-

sung hinzugefügt, um eine Siloxanharzlösung zu erzeugen.

[0043] Polycarbosilan mit einem durchschnittlichen Molekulargewicht von 20 000 wird zu der Siloxanharzlösung in einer Menge von 10 bis 300 Gewichtsteilen bezüglich 100 Gewichtsteile des Siloxanharzes (Festkörperzusammensetzung) hinzugefügt. Durch diese Prozesse kann eine Harzlösung hergestellt werden, die zum Bilden eines Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante zu verwenden ist. Polycarbosilan hat die Hauptkette aus  $(-\text{SiH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-)$ .

[0044] Für Vergleichszwecke wurden eine Harzlösung ohne Polycarbosilan und eine Harzlösung mit Polycarbosilan mit Zugabemengen von 5 und 350 Gewichtsteilen hergestellt.

[0045] Als nächstes wird ein Verfahren zum Herstellen eines Filmmaterials mit niedriger Dielektrizitätskonstante gemäß der zweiten Ausführungsform beschrieben.

[0046] In der ersten Ausführungsform werden 20,8 g Tetraethoxysilan und 17,8 g Methyltriethoxysilan als Quellenmaterial von Siloxanharz verwendet. In der zweiten Ausführungsform werden 20,8 g (0,1 Mol) Tetraethoxysilan und 16,4 g (0,1 Mol) Triethoxysilan verwendet. Die Herstellungsprozesse sind der ersten Ausführungsform ähnlich. 37,2 g Isobutylketon werden verwendet.

[0047] Als nächstes wird ein Verfahren zum Herstellen von Filmmaterial mit niedriger Dielektrizitätskonstante gemäß der dritten Ausführungsform beschrieben. 88 g (0,9 Mol) Schwefelsäure und 33 g rauchende Schwefelsäure (60%  $\text{SO}_4$ ) werden in eine Reaktionskammer geleitet, die ein Einlaßrohr für Stickstoffgas und eine quantitative Flüssigkeitspumpe hat. Rauchende Schwefelsäure wird eingeleitet, um das Innere der Reaktionskammer zu dehydratisieren. 87 g (0,95 Mol) Toluol werden von der quantitativen Pumpe mit 2 ml/min eingetropft, und danach wird für eine Stunde ein Alterungsprozeß ausgeführt. Durch diesen Alterungsprozeß wird Toluolsulfonhydrat erzeugt.

[0048] Eine Lösung aus 41 g (0,3 Mol) Trichlorsilan mit einer 5 Konzentration von 20 Gewichts-%, das in Toluol gelöst ist, wird von der quantitativen Pumpe mit 2 ml/min eingetropft. Nach dem Eintropfen wird für zwei Stunden ein Alterungsprozeß ausgeführt. Durch diese Alterung wird Siloxanharz des Leitertyps synthetisiert. Nach diesen Prozessen werden 100 ml einer Fluorsäurelösung mit einer Konzentration von 50 Gewichts-% hinzugefügt, um dann niedergeschlagene Toluolsulfonsäure zu entfernen. Überschüssige Fluorsäurelösung wird unter Verwendung eines Trennrichters entfernt.

[0049] Die verbleibende Fluorsäure wird mit 2 g Calciumcarbonat neutralisiert. Nach dem Dehydratisieren durch 5 g Magnesiumnitrat wird Toluol unter Verwendung eines Rotationsverdampfers entfernt. Durch diese Prozesse wird ein festes Material aus 15 g Wasserstoffsilsesquioxanharz erzeugt. Dieses Wasserstoffsilsesquioxan wird in 70 g Methylisobutylketon gelöst, um eine Lösung mit einer Feststoffkonzentration von 17,5 Gewichts-% zu erhalten.

[0050] Polycarbosilan mit einem durchschnittlichen Molekulargewicht von 20000 wird zu der erhaltenen Lösung in einer Menge von 20–300 Gewichtsteilen in bezug auf 100 Gewichtsteile des festen Materials in der Lösung hinzugefügt.

[0051] Als nächstes wird ein Verfahren zum Herstellen von Filmmaterial mit niedriger Dielektrizitätskonstante gemäß der vierten Ausführungsform beschrieben. Bei der dritten Ausführungsform werden 41 g Trichlorsilan als Quellenmaterial von Wasserstoffsilsesquioxan verwendet. Bei der vierten Ausführungsform werden 36 g (0,27 Mol) Trichlorsilan und 4,6 g (0,03 Mol) Fluortrichlorsilan verwendet. Die Produktionsprozesse sind der dritten Ausführungsform ähnlich.

[0052] Bei der vierten Ausführungsform wird eine Harzlösung aus 15 g fluorhaltigem Wasserstoffsilsequioxan und Polycarbosilan hergestellt.

[0053] Als nächstes wird ein Verfahren zum Bilden eines Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante unter Verwendung von Filmmaterial mit niedriger Dielektrizitätskonstante (Harzlösung) gemäß irgendeiner der ersten bis vierten Ausführungsformen beschrieben.

[0054] Eine Harzlösung von einer der ersten bis vierten Ausführungsformen wird durch Schleuderbeschichtung in 20 Sekunden auf die Oberfläche eines Siliciumwafers mit 3000 U/min aufgetragen. Nach der Schleuderbeschichtung wird das Lösungsmittel bei 200°C verdampft. In einer Stickstoffatmosphäre, die Sauerstoff in einer Konzentration von 100 ppm oder weniger enthält, wird 30 Minuten lang eine Wärmebehandlung bei 400°C ausgeführt. Bei dieser Wärmebehandlung werden Siloxanharz und Polycarbosilan vernetzt, und ein Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante wird gebildet.

[0055] Fig. 1 ist ein Graph, der eine Beziehung zwischen relativen Dielektrizitätskonstanten von Filmen mit niedriger Dielektrizitätskonstante und Zugabemengen von Polycarbosilan zeigt. Die Abszisse verkörpert die Zugabemenge von Polycarbosilan in bezug auf 100 Gewichtsteile Siloxanharz in der Einheit von "Gewichtsteilen", und die Ordinate verkörpert die relative Dielektrizitätskonstante eines Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante. In Fig. 1 kennzeichnen ein weißer Kreis, ein weißes Quadrat, ein weißes Dreieck und ein weißes Rhomboid die relativen Dielektrizitätskonstanten von Filmen mit niedriger Dielektrizitätskonstante, die jeweilig aus den Filmbildungsmaterialien der ersten bis vierten Ausführungsformen hergestellt sind. Für Bezugszwecke sind die relativen Dielektrizitätskonstanten von Vergleichsbeispielen ohne Polycarbosilan und mit Polycarbosilan mit einer Zugabemenge von 350 Gewichtsteilen unter Verwendung von Symbolen gezeigt, die mit jenen der entsprechenden Ausführungsformen identisch sind.

[0056] Jede der Ausführungsformen weist eine relative Dielektrizitätskonstante von etwa 2,5–3 auf, die niedriger als jene eines Isolierfilms aus Siliciumdioxid ist. Besonders bei den ersten und zweiten Ausführungsformen wird die relative Dielektrizitätskonstante durch das Hinzufügen von Polycarbosilan niedrig.

[0057] Fig. 2 zeigt eine Beziehung zwischen dem Adhäsionsgrad eines Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante und der Zugabemenge von Polycarbosilan. Der Adhäsionsgrad wurde mit einem Sebastian-Messer gemessen, indem ein Bolzenstift mit einem Durchmesser von 2 mm mit Epoxidharz an der Filmoberfläche befestigt wurde. Die Abszisse von Fig. 2 verkörpert die Zugabemenge von Polycarbosilan in der Einheit von "Gewichtsteilen", und die Ordinate verkörpert eine Zugfestigkeit pro Einheitsbereich, wenn ein Ablösen auftritt, in der Einheit von "N/cm<sup>2</sup>". Die Bedeutung von jedem Symbol in Fig. 2 ist ähnlich wie in Fig. 1.

[0058] Die Adhäsionsgrade von Vergleichsbeispielen mit einem Polycarbosilanzusatz von 350 Gewichtsteilen sind niedriger als jene der Ausführungsformen mit einem Polycarbosilanzusatz von 300 Gewichtsteilen oder weniger. Deshalb ist es vorzuziehen, die Zugabemenge von Polycarbosilan in bezug auf 100 Gewichtsteile des Siloxanharzes auf 300 Gewichtsteile oder weniger festzulegen.

[0059] Als nächstes wird eine Alkalibeständigkeit eines Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante beschrieben. Der Oberflächenzustand eines Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante wurde untersucht, nachdem er eine Minute lang in Tetramethylammoniumhydridlösung mit einer Konzentration von 2,38% getaucht worden war. Risse, die in den

Filmen gebildet wurden, wurden bei Vergleichsbeispielen ohne Polycarbosilan und bei Vergleichsbeispielen mit fünf Gewichtsteilen Polycarbosilan untersucht. In den Filmen der ersten bis vierten Ausführungsformen mit 10–300 Gewichtsteilen Polycarbosilan wurde kein Riß gefunden. Deshalb ist es vorzuziehen, die Zugabemenge von Polycarbosilan in bezug auf 100 Gewichtsteile Siloxanharz auf 10 Gewichtsteile festzulegen, um eine hohe Alkalibeständigkeit beizubehalten.

[0060] Als nächstes werden Verfahren zum Herstellen von Filmmaterialien mit niedriger Dielektrizitätskonstante gemäß den fünften bis achten Ausführungsformen beschrieben. Die Filmmaterialien mit niedriger Dielektrizitätskonstante der fünften bis achten Ausführungsformen werden hergestellt, indem Adamantanmonophenol zu dem Siloxanharz der ersten bis vierten Ausführungsformen hinzugefügt wird, das mit Polycarbosilan versetzt ist. Die Zugabemenge von Polycarbosilan in bezug auf 100 Gewichtsteile Siloxan beträgt 150 Gewichtsteile. Die Zugabemenge von Adamantanmonophenol in bezug auf ein Gemisch aus Siloxanharz und Polycarbosilan beträgt 0–70 Gewichts-%. Für Vergleichszwecke wurde eine Harzlösung hergestellt, bei der die Zugabemenge von Adamantanmonophenol in bezug auf das Gemisch aus Siloxanharz und Polycarbosilan 80 Gewichts-% betrug.

[0061] Eine Harzlösung der fünften bis achten Ausführungsformen und von Vergleichsbeispielen wurde durch Schleuderbeschichtung auf die Oberfläche eines Siliciumwafers aufgetragen, um Filme mit niedriger Dielektrizitätskonstante zu bilden. Adamantanphenol wird während einer Wärmebehandlung zur Vernetzung desorbiert, um dadurch einen porösen Film zu erhalten.

[0062] Fig. 3 ist ein Graph, der eine Beziehung zwischen relativen Dielektrizitätskonstanten von porösen Filmen mit niedriger Dielektrizitätskonstante und Zugabemengen von Adamantan zeigt. Die Abszisse verkörpert die Zugabemenge von Adamantan in der Einheit von "Gewichts-%", und die Ordinate verkörpert die relative Dielektrizitätskonstante. In Fig. 3 bezeichnen ein weißer Kreis, ein weißes Quadrat, ein weißes Dreieck und ein weißes Rhomboid die relativen Dielektrizitätskonstanten von Filmen mit niedriger Dielektrizitätskonstante, die jeweilig aus den Filmbildungsmaterialien der fünften bis achten Ausführungsformen hergestellt wurden. Aus einem Vergleich zwischen Fig. 1 und 3 geht hervor, daß durch das Bilden eines porösen Films die relative Dielektrizitätskonstante des Films kleiner werden kann.

[0063] Fig. 4 zeigt eine Beziehung zwischen dem Adhäsionsgrad eines porösen Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante und der Zugabemenge von Adamantanmonophenol. Die Abszisse von Fig. 4 verkörpert die Zugabemenge von Adamantanmonophenol in der Einheit von Gewichts-% bezüglich des Gemischs aus Siloxanharz und Polycarbosilan, und die Ordinate verkörpert den Adhäsionsgrad in der Einheit von "N/cm<sup>2</sup>". Der Adhäsionsgrad wurde durch ein Verfahren gemessen, das dem ähnlich ist, das bei Fig. 2 beschrieben wurde.

[0064] Wenn die Zugabemenge von Adamantanmonophenol von 70 Gewichts-% auf 80 Gewichts-% erhöht wird, wird der Adhäsionsgrad des Films rapide verringert. Deshalb ist es vorzuziehen, die Zugabemenge von Adamantanmonophenol auf 70 Gewichts-% oder weniger festzulegen.

[0065] Als nächstes wird ein Verfahren zum Untersuchen dessen beschrieben, ob Siloxanharz Polycarbosilan enthält. Polycarbosilan hat eine Hauptkette aus (-Si-CH<sub>2</sub>-Si-), während Siloxanharz eine Hauptkette aus (-Si-O-Si-) hat.

[0066] Die Verbindung (-Si-CH<sub>2</sub>-Si-) kann durch eine Spitze von Infrarotspektren bei 1080 bis 1040 cm<sup>-1</sup> nachge-

wiesen werden. Obwohl diese Spitze teilweise eine Spitze überlappt, die der Verbindung (-Si-O-Si-) entspricht, sind diese Spitzen deutlich, so daß sie voneinander unterschieden werden können. Ob ein Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante, der auf einem Halbleitersubstrat gebildet ist, Polycarbosilan enthält, kann durch mikroskopische Infrarotspektalanalyse beurteilt werden.

[0067] Als nächstes werden die Struktur einer Halbleitervorrichtung und deren Herstellungsverfahren gemäß der Ausführungsform beschrieben, wobei für die Halbleitervorrichtung Filmbildungsmaterialien von irgendeiner der ersten bis achten Ausführungsformen verwendet werden.

[0068] Fig. 5 ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung, die Aluminium-(Al)-Verdrahtungsschichten hat. Ein Feldoxidfilm 2, der auf der Oberfläche eines Siliciumsubstrates 1 gebildet ist, definiert eine aktive Zone. Ein MOSFET 3 ist in der aktiven Zone gebildet. Der MOSFET 3 hat eine Sourcezone 3S, eine Drainzone 3D, eine Gateelektrode 3G und einen Gateoxidfilm 3I.

[0069] Ein Isolierfilm zwischen Ebenen 10 aus SiO<sub>2</sub> und ein Stopperfilm 11 aus SiN sind auf dem Substrat gebildet, wobei sie den MOSFET 3 bedecken. Ein Kontaktloch 12 ist durch den Isolierfilm zwischen Ebenen 10 in dem Bereich gebildet, der der Drainzone 3D entspricht. Die Seitenwand und die Bodenfläche des Kontaktlochs 12 sind mit einer Barrierenschicht 13 aus TiN bedeckt. Das Innere des Kontaktlochs 12 ist durch einen Stecker 14 aus Wolfram (W) vollkommen vergraben.

[0070] Die Barrierenschicht 13 und der Stecker 14 sind durch Abscheiden einer TiN-Schicht und einer W-Schicht über der gesamten Substratoberfläche und durch Ausführen eines chemisch-mechanischen Polierens gebildet. Die Abscheidung der TiN-Schicht erfolgt durch Sputtern. Die Abscheidung der W-Schicht erfolgt durch chemische Dampfabcheidung (CVD) unter Verwendung von Wolframhexafluorid und Wasserstoff.

[0071] Verdrahtungsleitungen einer ersten Schicht 20 sind auf der Oberfläche des Stopperfilms 11 gebildet. Die Verdrahtungsleitung der ersten Schicht 20 hat eine dreischichtige Struktur aus einem 50 nm dicken TiN-Film 21, einem 450 nm dicken Cu-haltigen Al-Film 22 und einem 50 nm dicken TiN-Film, die in dieser Reihenfolge gestapelt sind. Das Mustern des TiN-Films und des Al-Films erfolgt durch Plasmaätzen unter Verwendung von Chlorwasserstoffgas. Eine Verdrahtungsleitung der ersten Schicht 20 ist mit dem W-Stecker 14 elektrisch verbunden.

[0072] Die Oberflächen der Verdrahtungsleitungen der ersten Schicht 20 und des Stopperfilms 11 sind mit einem Abdeckfilm aus SiO<sub>2</sub> bedeckt, der eine Dicke von 50 nm hat. Der Abdeckfilm 25 wird durch CVD unter Verwendung von Tetraethylorthosilicat (TEOS) und Sauerstoff gebildet.

[0073] Ein Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 26 ist auf dem Abdeckfilm 25 gebildet. Der Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 26 wird gebildet, indem eine Siloxanharzlösung von einer der ersten bis achten Ausführungsformen aufgeschleudert wird. Der Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 26 wird unter der Bedingung gebildet, daß er eine Dicke von 500 nm auf der flachen Oberfläche des Siliciumsubstrates hat.

[0074] Auf dem Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 26 ist eine Kappenschicht 27 aus SiO<sub>2</sub> mit einer Dicke von 1000 nm gebildet. Die Kappenschicht 27 wird durch CVD unter Verwendung von TEOS und Sauerstoff gebildet. Die obere Oberfläche der Kappenschicht 27 wird durch CMP planarisiert. CMP wird ausgeführt, bis die Gesamtdicke des Abdeckfilms 25, des Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 26 und der Kappenschicht 27 auf dem Bereich, wo die Verdrahtungsleitung der ersten Schicht 20

nicht angeordnet ist, 1200 nm beträgt.

[0075] Ein Durchgangsloch 28 wird durch die drei Schichten gebildet, die den Abdeckfilm 25, den Film mit der niedrigen Dielektrizitätskonstante 26 und die Kappenschicht 27 enthalten. Dieses Durchgangsloch 28 wird durch Plasmaätzen unter Verwendung von CF<sub>4</sub> und CHF<sub>3</sub> gebildet. Die Seitenwand und Bodenfläche des Durchgangslochs 28 werden mit einer Barrierenschicht 29 bedeckt. Das Innere des Durchgangslochs 20 ist durch einen W-Stecker 30 vollständig vergraben. Die Barrierenschicht 29 und der W-Stecker 30 werden durch ein Verfahren gebildet, das dem ähnlich ist, das für die untere Barrierenschicht 13 und den Stecker 14 verwendet wird.

[0076] Auf der Kappenschicht 27 werden Verdrahtungsleitungen der zweiten Schicht 40 gebildet. Ein Abdeckfilm der zweiten Schicht 41, ein Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 42 und eine Kappenschicht 43 werden laminiert und bedecken die Verdrahtungsleitungen der zweiten Schicht 40. Dieser Abdeckfilm 41, der Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 42 und die Kappenschicht 43 werden durch ein Verfahren gebildet, welches dem ähnlich ist, das für die entsprechenden Filme und die Schicht der ersten Schicht verwendet wird.

[0077] In der mehrschichtigen Verdrahtungsstruktur, die in Fig. 5 gezeigt ist, wird der Raum zwischen benachbarten Verdrahtungsleitungen in derselben Schicht mit dem Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 26 und 42 aus dem Material sind, das in den obigen Ausführungsformen beschrieben wurde, wird eine Feuchtigkeitsabsorptionsrate nicht erhöht, auch wenn ein Prozeß unter Verwendung einer Alkalilösung ausgeführt wird, und eine niedrige Dielektrizitätskonstante wird beibehalten.

[0078] Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung mit Kupfer-(Cu)-Verdrahtungsleitungen gemäß der neunten Ausführungsform der Erfindung. Die Struktur ab einem Siliciumsubstrat 1 bis zu einem Stopperfilm 11 ist dieselbe wie jene der entsprechenden Komponenten der Halbleitervorrichtung, die in Fig. 5 gezeigt ist. In Fig. 6 sind Bildungselemente mit Bezugszeichen versehen, die mit jenen von entsprechenden Elementen von Fig. 5 identisch sind.

[0079] Auf dem Stopperfilm 11 ist ein Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 50 gebildet. Der Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 50 wird unter Verwendung des Materials der oben beschriebenen Ausführungsform unter der Bedingung gebildet, daß er eine Dicke von 450 nm auf der flachen Oberfläche des Siliciumsubstrates hat. Auf diesem Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 50 ist eine Kappenschicht 51 aus SiO<sub>2</sub> mit einer Dicke von 50 nm gebildet. Die Kappenschicht 51 wird durch CVD unter Verwendung von TEOS und Sauerstoff gebildet.

[0080] Ein Verdrahtungsgraben der ersten Schicht 52 ist durch den Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 50 und die Kappenschicht 51 gebildet. Der Verdrahtungsgraben der ersten Schicht 52 wird durch Plasmaätzen unter Verwendung von CF<sub>4</sub> und CHF<sub>3</sub> gebildet. Die obere Oberfläche des Steckers 14 ist auf der Bodenfläche des Verdrahtungsgrabens der ersten Schicht 52 exponiert.

[0081] Die Seitenwand und Bodenfläche des Verdrahtungsgrabens der ersten Schicht 52 sind mit einer Barrierenschicht 53 aus TaN bedeckt, die eine Dicke von 50 nm hat. Das Innere des Verdrahtungsgrabens 52 ist durch die Verdrahtungsleitung der ersten Schicht 54 aus Cu vollkommen vergraben. Nachfolgend wird ein Verfahren zum Bilden der Barrierenschicht 53 und der Verdrahtungsleitung der ersten Schicht 54 beschrieben.

[0082] Ein TaN-Film wird durch Sputtern auf der gesam-

ten Oberfläche des Substrates gebildet, die die innere Oberfläche des Verdrahtungsgrabens der ersten Schicht 52 enthält. Ein Cu-Film mit einer Dicke von 50 nm wird durch Sputtern auf dem TaN-Film gebildet. Unter Verwendung dieses Cu-Films als Elektrode wird ein Cu-Film mit einer Dicke von 600 nm durch Elektroplattierung gebildet. Unnötige Cu- und TaN-Filme werden durch CMP entfernt, um die Barrierenschicht 53 und die Verdrahtungsleitung der ersten Schicht 54 in dem Verdrahtungsgraben der ersten Schicht 52 zu belassen.

[0083] Auf der Kappenschicht 51 ist eine Laminierungsstruktur gebildet, die einen 50 nm dicken SiN-Diffusionsverhinderungsfilm 60, einen Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61, einen 50 nm dicken SiN-Stopperfilm 62, einen Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 63 und eine 50 nm dicke SiN-Kappenschicht 64 hat. Der Diffusionsverhinderungsfilm 60 und der Stopperfilm 62 werden durch Plasma-CVD unter Verwendung von Silan und Ammoniumgas gebildet. Die Filme mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 und 63 werden unter der Bedingung gebildet, daß sie Dicken von 650 nm bzw. 400 nm auf der flachen Oberfläche des Siliciumsubstrates haben.

[0084] Ein Durchgangsloch 68 wird durch den Diffusionsverhinderungsfilm 60 und den Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 gebildet. Ein Verdrahtungsgraben der zweiten Schicht 69 wird durch den Stopperfilm 62, den Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 63 und die Kappenschicht 64 gebildet. Die inneren Oberflächen des Durchgangslochs 68 und des Verdrahtungsgrabens der zweiten Schicht 69 werden mit einer Barrierenschicht 70 aus TaN mit einer Dicke von 50 nm bedeckt. Die Verdrahtungsleitung der zweiten Schicht 72 aus Cu vergräbt das Innere des Durchgangslochs 68 und des Verdrahtungsgrabens der zweiten Schicht 69 vollkommen. Die Verdrahtungsleitung der zweiten Schicht 72 wird durch ein Dual-Damaszener-Verfahren gebildet.

[0085] Das Dual-Damaszener-Verfahren wird kurz beschrieben. Zuerst wird das Durchgangsloch 68 gebildet, das sich von der oberen Oberfläche der Kappenschicht 64 zu der oberen Oberfläche der Verdrahtungsleitung der ersten Schicht 54 erstreckt. Als nächstes wird der Verdrahtungsgraben der zweiten Schicht 69 gebildet, der sich von der oberen Oberfläche der Kappenschicht 64 zu der oberen Oberfläche des Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 erstreckt. Die Barrierenschicht 70 und die Verdrahtungsleitung der zweiten Schicht 72 werden durch ein Verfahren gebildet, das jenem ähnlich ist, das für die untere Barrierenschicht 53 und die Verdrahtungsleitung der ersten Schicht 54 verwendet wird.

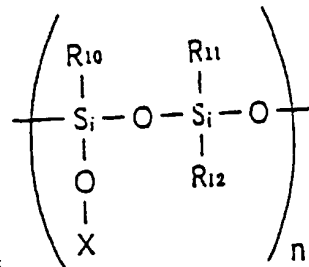
[0086] Die Verdrahtungsleitung der ersten Schicht 54 und die Verdrahtungsleitung der zweiten Schicht 72 sind von den Filmen mit niedriger Dielektrizitätskonstante 50, 61 und 63 umgeben, so daß die parasitäre Kapazität zwischen Verdrahtungsleitungen reduziert werden kann. Da diese Filme mit niedriger Dielektrizitätskonstante 50, 61 und 63 aus dem Material der oben beschriebenen Ausführungsform sind, nimmt die Feuchtigkeitsabsorptionsrate nicht zu und kann die Dielektrizitätskonstante niedrig gehalten werden, selbst wenn ein Prozeß unter Verwendung einer Alkalilösung ausgeführt wird.

[0087] Als nächstes werden unter Bezugnahme auf Fig. 7 eine Halbleitervorrichtung und deren Herstellungsverfahren gemäß der zehnten Ausführungsform beschrieben. In der Halbleitervorrichtung der neunten Ausführungsform, die in Fig. 6 gezeigt ist, ist der Stopperfilm 62 aus Siliciumnitrid zwischen dem Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 und ihrem oberen Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 63 angeordnet. Bei der zehnten Ausführungsform

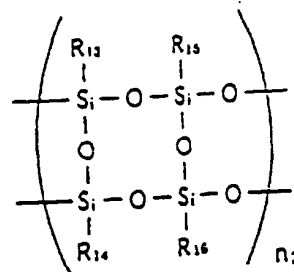
wird der Stopperfilm 62 nicht verwendet, sondern der Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 63 kontaktiert direkt den Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61.

[0088] Bei der zehnten Ausführungsform sind die Filme mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 und 63 aus siliciumoxidhaltigem porösen Material. Unter derselben Ätzbedingung ist eine Ätzrate des oberen Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 63 schneller als jene des unteren Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61. Die anderen Strukturen sind denen der neunten Ausführungsform ähnlich, die in Fig. 6 gezeigt ist.

[0089] Die Filme mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 und 63 enthalten Siloxanharz, das zum Beispiel durch die folgende allgemeine chemische Formel ausgedrückt wird:



oder Siloxanharz des Leitertyps, das durch die folgende allgemeine chemische Formel ausgedrückt wird:



[0090]  $R_{10}$  bis  $R_{12}$  verkörpern Wasserstoff, Sauerstoff oder eine einwertige Kohlenwasserstoffgruppe, und  $R_{13}$  bis  $R_{16}$  verkörpern Wasserstoff, Fluor oder eine einwertige Kohlenwasserstoffgruppe.  $n_1$  ist eine ganze Zahl zwischen 5 und 200, und  $X$  verkörpert Wasserstoff oder Silicium.  $n_2$  ist eine ganze Zahl zwischen 5 und 100.

[0091] Für den unteren Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 ist wenigstens eines von  $R_{10}$  bis  $R_{12}$  oder wenigstens eines von  $R_{13}$  bis  $R_{16}$  eine Phenylgruppe oder eine Kohlenwasserstoffgruppe mit 2 bis 5 Kohlenstoffatomen. Für den oberen Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 63 ist keines von  $R_{10}$  bis  $R_{12}$  eine Kohlenwasserstoffgruppe mit zwei oder mehr Kohlenstoffatomen oder keines von  $R_{13}$  bis  $R_{16}$  eine Kohlenwasserstoffgruppe mit zwei oder mehr Kohlenstoffatomen.

[0092] Die jetzigen Erfinder haben herausgefunden, daß eine Ätzrate geändert werden kann, indem Seitenketten von Siloxanharz oder Siloxanharz des Leitertyps verändert werden. Genauer gesagt, falls das Material nur Wasserstoff oder eine Methylgruppe als Seitenketten hat, wird die Ätzrate des Materials durch Fluorplasma um das Dreifache oder mehr schneller als bei solch einem Material, wenn wenigstens eine Seitenkette in einer Monomereinheit eine Phenylgruppe oder eine Kohlenwasserstoffgruppe mit zwei oder mehr Kohlenstoffatomen ist. Bei der zehnten Ausführungsform werden die Materialien der Filme 61 und 63 so selektiert, daß die Ätzrate des oberen Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 63 um das Dreifache oder mehr schneller



als jene des oberen Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 ist.

[0093] Als nächstes wird ein Beispiel für ein Verfahren zum Herstellen des Materials des unteren Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 beschrieben. 20,8 g (0,1 Mol) Tetraethoxysilan und 20,4 g (0,1 Mol) Phenyltriethoxysilan werden in 37,2 g Methylisobutylketon gelöst, um 200 ml einer Lösung zu erhalten. 16,2 g (0,9 Mol) einer Salpetersäurelösung mit einer Konzentration von 400 ppm werden in zehn Minuten in die erhaltene Lösung eingetropft, und danach wird für zwei Stunden ein Alterungsprozeß ausgeführt. Tetraethoxysilan und Phenyltriethoxysilan werden deshalb copolymerisiert, um Siloxanharz herzustellen. Dieses Siloxanharz hat die Zusammensetzung, daß wenigstens eines von R<sub>10</sub> bis R<sub>12</sub> in der oben beschriebenen allgemeinen chemischen Formel eine Phenylgruppe ist und die anderen Sauerstoffatome sind. Jedes Sauerstoffatom ist ferner mit einem Wasserstoffatom oder einem Siliciumatom verbunden.

[0094] Als nächstes werden 5 g Magnesiumnitrat zu der Siloxanharzlösung hinzugefügt, um einen überschüssigen Wasseranteil zu entfernen. Lösungsmittel, das Ethanol enthält, wird unter Verwendung eines Rotationsverdampfers entfernt, bis die Reaktionslösung auf 50 ml reduziert wird. 0,1 g Adamantanmonophenol wird zu der hergestellten Reaktionslösung hinzugefügt. Auf diese Weise wird eine Siloxanharzlösung zum Bilden des unteren Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 hergestellt. Adamantanmonophenol ist ein Desorptionsagens, damit der Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante porös wird.

[0095] Als nächstes wird ein Beispiel für ein Verfahren zum Herstellen des Materials des oberen Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 63 beschrieben. 20,8 g (0,1 Mol) Tetraethoxysilan und 17,8 g (0,1 Mol) Methyltriethoxysilan werden in 39,6 g Methylisobutylketon gelöst, um 200 ml einer Lösung zu erhalten. 16,2 g (0,9 Mol) einer Salpetersäurelösung mit einer Konzentration von 400 ppm werden in zehn Minuten in die erhaltene Lösung eingetropft, und danach wird für zwei Stunden ein Alterungsprozeß ausgeführt. Tetraethoxysilan und Methyltriethoxysilan werden deshalb copolymerisiert, um Siloxanharz herzustellen. Dieses Siloxanharz hat die Zusammensetzung, daß wenigstens eines von R<sub>10</sub> bis R<sub>12</sub> in der oben beschriebenen allgemeinen chemischen Formel eine Methylgruppe ist und die anderen Sauerstoffatome sind. Jedes Sauerstoffatom ist ferner mit einem Wasserstoffatom oder einem Siliciumatom verbunden.

[0096] Als nächstes werden ähnlich wie bei der Synthese des unteren Filmmaterials mit niedriger Dielektrizitätskonstante überschüssige Wasseranteile entfernt, und ethanolhaltiges Lösungsmittel wird entfernt, das ein Nebenprodukt des Alterungsprozesses ist, bis die Reaktionslösung auf 50 ml reduziert wird. Zu der erzeugten Reaktionslösung werden 0,1 g Adamantanmonophenol hinzugefügt. Auf diese Weise wird eine Siloxanharzlösung zum Bilden des oberen Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 63 hergestellt.

[0097] Als nächstes wird ein Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung, die in Fig. 7 gezeigt ist, unter Verwendung der oben beschriebenen Filmmaterialien mit niedriger Dielektrizitätskonstante beschrieben.

[0098] Die Prozesse bis zum Bilden des Diffusionsverhinderungsfilms 60 sind dem Herstellungsverfahren der Halbleitervorrichtung der neunten Ausführungsform, die in Fig. 6 gezeigt ist, ähnlich, und somit wird deren Beschreibung weggelassen. Auf den Diffusionsverhinderungsfilm 60 wird eine Siloxanharzlösung als unteres Filmmaterial mit niedriger Dielektrizitätskonstante aufgeschleudert. Das Lösungsmittel wird bei einer Temperatur von 200°C getrocknet. Ein Anneal-Prozeß wird für 30 Minuten bei einer Temperatur von 400°C in einer Stickstoffatmosphäre ausgeführt, die

eine Sauerstoffkonzentration von 100 ppm oder weniger hat. Deshalb wird der untere Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 aus siliciumoxidhaltigem porösen Material und mit einer Dicke von 500 nm gebildet.

[0099] Auf den unteren Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 wird eine Siloxanharzlösung als oberes Filmmaterial mit niedriger Dielektrizitätskonstante aufgeschleudert. Das Lösungsmittel wird getrocknet, und ein Anneal-Prozeß wird ausgeführt, um den oberen Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 63 zu erhalten, der eine Dicke von 400 nm hat. Die Bedingungen zum Trocknen des Lösungsmittels und zum Annealen sind dieselben wie jene, die zum Bilden des unteren Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 angewendet wurden.

[0100] Auf dem Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 63 wird die Kappenschicht 64 aus Siliciumoxid mit einer Dicke von 50 nm durch chemische Dampfabcheidung (CVD) unter Verwendung von Tetraethylorthosilicat (TEOS) gebildet.

[0101] Auf der Oberfläche der Kappenschicht 64 wird ein Resistmuster mit einer Öffnung gebildet, die dem Durchgangsloch 68 entspricht. Ein Loch, das sich von der oberen Oberfläche der Kappenschicht 64 zu der oberen Oberfläche der Verdrahtungsleitung der ersten Schicht 54 erstreckt, wird unter Verwendung von Fluorplasma unter Einsatz von CF<sub>4</sub> und CHF<sub>3</sub> als Quellenmaterialien gebildet. Nachdem das Resistmuster entfernt ist, wird von neuem ein Resistmuster auf der Oberfläche der Kappenschicht 64 gebildet, das eine Öffnung hat, die dem Verdrahtungsgraben der zweiten Schicht 69 entspricht.

[0102] Unter Verwendung von Fluorplasma unter Einsatz von C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> und O<sub>2</sub> als Quellenmaterialien wird der obere Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante 63 geätzt, um den Verdrahtungsgraben der zweiten Schicht 69 zu bilden. Dieses Ätzen wird unter den Bedingungen einer C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>-Flußrate von 40 sccm, einer O<sub>2</sub>-Flußrate von 10 sccm, einer Eingangsleistung von 200 W zum Erzeugen eines induktiv gekoppelten Plasmas und eines Gasdrucks von 5,32 Pa (40 mTorr) ausgeführt. Unter diesen Ätzbedingungen beträgt die Ätzrate des oberen Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 63 etwa 100 nm/min, während die Ätzrate des unteren Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 etwa 30 nm/min beträgt. Da die Ätzrate des unteren Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 langsamer als die Ätzrate des oberen Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 63 ist, kann das Ätzen mit guter Steuerbarkeit gestoppt werden, wenn die obere Oberfläche des unteren Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 exponiert ist, auch wenn keine Ätzstopperschicht vorgesehen ist. Um das Ätzen mit guter Steuerbarkeit zu stoppen, ist es vorzuziehen, wenn die Ätzrate des oberen Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 63 unter denselben Ätzbedingungen um das Zweifache oder mehr schneller als die Ätzrate des unteren Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 ist.

[0103] Nachdem das Resistmuster entfernt ist, werden die Barrierenschicht 70 und die Verdrahtungsleitung der zweiten Schicht 72 gebildet. Die Barrierenschicht 70 und die Verdrahtungsleitung der zweiten Schicht 72 werden durch ein Verfahren gebildet, das der ersten Ausführungsform ähnlich ist, die in Fig. 6 gezeigt ist.

[0104] Bei der zehnten Ausführungsform ist kein Siliciumnitridfilm mit einer relativ hohen Dielektrizitätskonstante zwischen den unteren und oberen Filmen mit niedriger Dielektrizitätskonstante 61 und 63 angeordnet. Deshalb kann eine parasitäre Kapazität zwischen Verdrahtungsleitungen weiter reduziert werden. Eine elektrostatische Kapazität zwischen zwei Verdrahtungsleitungen der zweiten Schicht 72, die parallel angeordnet sind, wurde gemessen, um eine

effektive relative Dielektrizitätskonstante zu berechnen, die etwa 2,5 betrug. Im Gegensatz dazu betrug eine effektive relative Dielektrizitätskonstante der neunten Ausführungsform, die in Fig. 6 gezeigt ist, 2,8.

[0105] Ein Bewertungsprüfstück wurde hergestellt, um eine relative Dielektrizitätskonstante einer Laminierungsstruktur zu messen, die Filme mit niedriger Dielektrizitätskonstante enthält. Dieses Prüfstück ist eine Laminierung aus einem unteren Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante mit einer Dicke von 300 nm, einem oberen Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante mit einer Dicke von 300 nm und einem Siliciumoxidfilm mit einer Dicke von 50 nm aus TEOS, die jeweilig auf einem Siliciumsubstrat gestapelt sind. Ein Au-Film mit einem Durchmesser von 1 mm und einer Dicke von 100 nm wurde auf der Oberfläche des obersten Siliciumoxidfilms gebildet, und eine elektrostatische Kapazität zwischen dem Siliciumsubstrat und dem Au-Film wurde gemessen. Aus diesem Meßresultat wurde eine relative Dielektrizitätskonstante der dreischichtigen Struktur errechnet, die die zwei Filme mit niedriger Dielektrizitätskonstante und einen Siliciumoxidfilm enthält. Die relative Dielektrizitätskonstante betrug 2,4. Im Gegensatz dazu betrug eine relative Dielektrizitätskonstante einer vierschichten Struktur, die zwei Filme mit niedriger Dielektrizitätskonstante, einen Siliciumnitridfilm mit einer Dicke von 50 nm, der zwischen den Filmen mit niedriger Dielektrizitätskonstante angeordnet war, und einen Siliciumoxidfilm enthielt, 2,7. Ein Siliciumoxidfilm aus TEOS hat eine relative Dielektrizitätskonstante von etwa 4, und der Siliciumnitridfilm hat eine relative Dielektrizitätskonstante von etwa 7.

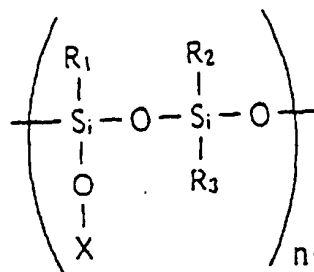
[0106] Aus der zehnten Ausführungsform und den oben beschriebenen Bewertungsergebnissen geht hervor, daß eine relative Dielektrizitätskonstante einer Laminierungsstruktur, die Filme mit niedriger Dielektrizitätskonstante enthält, verringert werden kann, falls der Ätzstopperfilm aus Siliciumnitrid nicht angeordnet wird.

[0107] Das Material des oberen Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante kann sein: Siloxanharz, das bei der zehnten Ausführungsform verwendet wird; Harz, das durch ein Sol-Gel-Verfahren unter Verwendung von Tetraalkoxysilan, Trialkoxysilan, Methyltrialkoxysilan oder dergleichen als Quellenmaterial hergestellt wird; Harz, das durch ein Sol-Gel-Verfahren unter Verwendung eines Gemischs aus diesen Quellenmaterialien hergestellt wird; Harz, das durch ein Sol-Gel-Verfahren unter Verwendung von Tetraalkoxysilan und Dimethylalkoxysilan als Quellenmaterialien hergestellt wird; oder anderes Harz. Harz des Leitertyps kann Wasserstoffsilsesquioxan, Methylsilsesquioxan, fluorhaltiges Wasserstoffsilsesquioxan oder dergleichen sein.

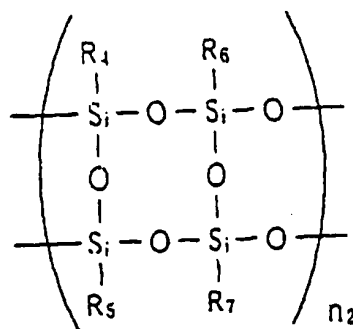
[0108] Das Material des unteren Films mit niedriger Dielektrizitätskonstante kann sein: Siloxanharz, das bei der zehnten Ausführungsform verwendet wird; und Harz, das durch ein Sol-Gel-Verfahren unter Verwendung von Phenyltrialkoxysilan hergestellt wird. Das Harz des Leitertyps kann Phenylsilsesquioxan oder dergleichen sein. Harz, das eine Kohlenwasserstoffgruppe mit 2 bis 5 Kohlenstoffatomen als wenigstens eine von Seitenketten enthält, kann Harz sein, das durch ein Sol-Gel-Verfahren unter Verwendung wenigstens eines Quellenmaterials hergestellt wird, das ausgewählt ist aus einer Gruppe bestehend aus Ethyltrialkoxysilan, Propyltrialkoxysilan, normal-Butyltrialkoxysilan und tertiär-Butyltrialkoxysilan.

[0109] Die vorliegende Erfindung ist in Verbindung mit den bevorzugten Ausführungsformen beschrieben worden. Die Erfindung ist nicht nur auf die obigen Ausführungsformen begrenzt. Es ist offensichtlich, daß durch die Fachwelt verschiedene Abwandlungen, Verbesserungen, Kombinationen und dergleichen vorgenommen werden können.

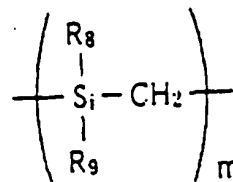
1. Filmbildungsmaterial mit niedriger Dielektrizitätskonstante, das Siloxanharz und Polycarbosilan umfaßt, die zusammen gelöst sind.
2. Filmbildungsmaterial mit niedriger Dielektrizitätskonstante nach Anspruch 1, in dem ein durchschnittliches Molekulargewicht des Siloxanharzes 1000 bis 500 000 beträgt und das Polycarbosilan mit 10 bis 300 Gewichtsteilen in bezug auf 100 Gewichtsteile Siloxanharz gelöst ist.
3. Filmbildungsmaterial mit niedriger Dielektrizitätskonstante nach Anspruch 1, in dem ferner eine organische Verbindung gelöst ist, die durch Wärme oder Licht desorbiert wird, und eine Menge der organischen Verbindung 10 bis 70% Gewichts-% in bezug auf ein Gemisch aus dem Siloxanharz und dem Polycarbosilan beträgt.
4. Filmbildungsmaterial mit niedriger Dielektrizitätskonstante, das 100 Gewichtsteile Siloxanharz und 10 bis 300 Gewichtsteile Polycarbosilan umfaßt, die in Lösungsmittel gelöst sind, wobei das Siloxanharz durch eine allgemeine chemische Formel ausgedrückt wird:



(R<sub>1</sub> bis R<sub>3</sub> verkörpern Wasserstoff, Sauerstoff oder eine einwertige Kohlenwasserstoffgruppe, X verkörpert Wasserstoff oder Silicium, und n<sub>1</sub> ist eine ganze Zahl zwischen 5 und 200) oder durch:



(R<sub>4</sub> bis R<sub>7</sub> verkörpern Wasserstoff, Fluor oder eine einwertige Kohlenwasserstoffgruppe, n<sub>2</sub> ist eine ganze Zahl zwischen 5 und 100, wobei wenigstens eines von R<sub>4</sub> bis R<sub>7</sub> Wasserstoff ist) und das Polycarbosilan durch eine allgemeine chemische Formel ausgedrückt wird:



(R<sub>8</sub> und R<sub>9</sub> verkörpern Wasserstoff oder eine einwertige Kohlenwasserstoffgruppe)

tige Kohlenwasserstoffgruppe, und m ist eine ganze Zahl zwischen 20 und 1000).

5. Filmbildungsmaterial mit niedriger Dielektrizitätskonstante nach Anspruch 4, in dem ferner eine organische Verbindung gelöst ist, die durch Wärme oder Licht desorbiert wird, und eine Menge der organischen Verbindung 10 bis 70 Gewichts-% in bezug auf ein Gemisch aus dem Siloxanharz und dem Polycarbosilan beträgt.

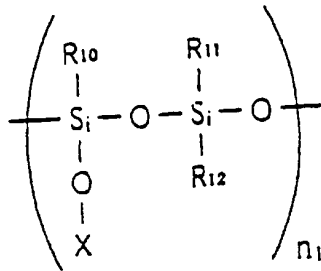
6. Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante, der Siloxanharz und Polycarbosilan enthält, das mit dem Siloxanharz verbunden ist.

7. Halbleitervorrichtung mit:  
einem Halbleitersubstrat; und  
einem Film mit niedriger Dielektrizitätskonstante, der aus Material mit niedriger Dielektrizitätskonstante hergestellt ist, das Siloxanharz und Polycarbosilan enthält, das mit dem Siloxanharz verbunden ist.

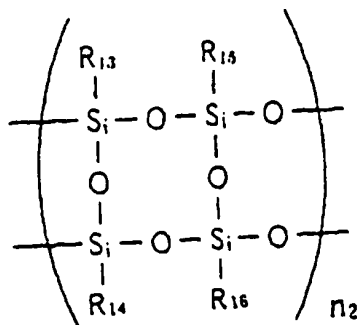
8. Halbleitervorrichtung mit:  
einem Halbleitersubstrat;  
einem ersten Film, der auf einer Oberfläche des Halbleitersubstrates gebildet ist und aus einem ersten siliciumoxidhaltigen porösen Material hergestellt ist; und  
einem zweiten Film, der direkt auf dem ersten Film gebildet ist und aus einem zweiten siliciumoxidhaltigen porösen Material gebildet ist, welches siliciumoxidhaltige poröse Material eine Ätzrate hat, die sich von einer Ätzrate des ersten siliciumoxidhaltigen porösen Materials unter derselben Ätzbildung unterscheidet.

9. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 8, bei der eine schnellere Ätzrate von einem des ersten siliciumoxidhaltigen porösen Materials um das Zweifache oder mehr schneller als eine langsame Ätzrate des anderen ist.

10. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, bei der die ersten und zweiten siliciumoxidhaltigen porösen Materialien Siloxanharz enthalten, das durch eine allgemeine chemische Formel ausgedrückt wird:



( $R_{10}$  bis  $R_{12}$  verkörpern Wasserstoff, Sauerstoff oder eine einwertige Kohlenwasserstoffgruppe,  $n_1$  verkörpert eine ganze Zahl zwischen 5 und 200, und X verkörpert Wasserstoff oder Silicium) oder durch:



( $R_{13}$  bis  $R_{16}$  verkörpern Wasserstoff, Fluor oder eine einwertige Kohlenwasserstoffgruppe,  $n_2$  ist eine ganze Zahl zwischen 5 und 100, wobei wenigstens eines von  $R_{13}$  bis  $R_{16}$  Wasserstoff ist).

11. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 10, bei der bei dem ersten siliciumoxidhaltigen porösen Material wenigstens eines von  $R_{10}$  bis  $R_{12}$  eine Phenylgruppe oder eine Kohlenwasserstoffgruppe mit zwei bis fünf Kohlenstoffatomen ist oder wenigstens eines von  $R_{13}$  bis  $R_{16}$  eine Phenylgruppe oder eine Kohlenwasserstoffgruppe mit zwei bis fünf Kohlenstoffatomen ist und bei dem zweiten siliciumoxidhaltigen porösen Material keines von  $R_{10}$  bis  $R_{12}$  eine Kohlenwasserstoffgruppe ist, die zwei oder mehr Kohlenstoffatome hat, oder keines von  $R_{13}$  bis  $R_{16}$  eine Kohlenwasserstoffgruppe ist, die zwei oder mehr Kohlenstoffatome hat.

12. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 8, bei der eine Ätzrate des zweiten siliciumoxidhaltigen porösen Materials schneller als eine Ätzrate des ersten siliciumoxidhaltigen porösen Materials ist und die Halbleitervorrichtung ferner umfaßt:

einen Graben, der in dem zweiten Film gebildet ist und eine Tiefe hat, die größer als eine Dicke des zweiten Films ist;

ein Durchgangsloch, das durch den ersten Film gebildet ist, welches Durchgangsloch durch den Graben teilweise überlappt wird; und

eine leitfähige Verdrahtungsleitung, die ein Inneres des Durchgangslochs und des Grabens vergräbt.

13. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 10, bei der eine Ätzrate des zweiten siliciumoxidhaltigen porösen Materials schneller als eine Ätzrate des ersten siliciumoxidhaltigen porösen Materials ist und die Halbleitervorrichtung ferner umfaßt:

einen Graben, der in dem zweiten Film gebildet ist und eine Tiefe hat, die größer als eine Dicke des zweiten Films ist;

ein Durchgangsloch, das durch den ersten Film gebildet ist, welches Durchgangsloch durch den Graben teilweise überlappt wird; und

eine leitfähige Verdrahtungsleitung, die ein Inneres des Durchgangslochs und des Grabens vergräbt.

14. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung, das die folgenden Schritte umfaßt:

Bilden eines ersten Films aus einem ersten siliciumoxidhaltigen porösen Material auf einer Oberfläche eines Halbleitersubstrates;

Bilden eines zweiten Films aus einem zweiten siliciumoxidhaltigen porösen Material direkt auf einer Oberfläche des ersten Films, wobei eine Ätzrate des zweiten siliciumoxidhaltigen porösen Materials schneller als eine Ätzrate des ersten siliciumoxidhaltigen porösen Materials ist;

Bilden eines Grabens mit einer Tiefe, die größer als eine Dicke des zweiten Films ist, und eines Durchgangslochs durch den ersten Film, welches Loch durch den Graben teilweise überlappt wird; und

Vergraben eines leitfähigen Materials in dem Durchgangsloch und dem Graben.

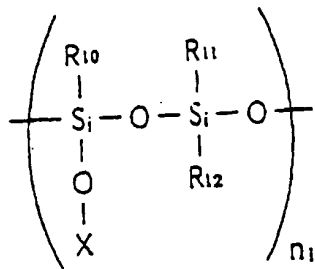
15. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 14, bei dem der Schritt zum Bilden des Grabens und des Durchgangslochs die folgenden Schritte enthält:

Bilden eines Lochs durch die ersten und zweiten Filme; und

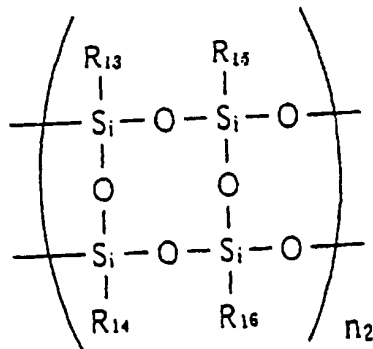
Bilden des Grabens durch Ätzen einer Zone, die durch das Loch teilweise überlappt wird, ab einer oberen Oberfläche des zweiten Films wenigstens bis zu einer

oberen Oberfläche des ersten Films.

16. Halbleitervorrichtung mit:  
 einem Halbleitersubstrat;  
 einem ersten Film, der auf einer Oberfläche des Hal-  
 leitersubstrates gebildet ist und aus einem ersten silici-  
 umoxidhaltigen porösen Material hergestellt ist; und  
 einem zweiten Film, der direkt auf dem ersten Film ge-  
 bildet ist und aus einem zweiten siliciumoxidhaltigen  
 porösen Material hergestellt ist,  
 bei der die ersten und zweiten siliciumoxidhaltigen po-  
 rösen Materialien Siloxanharz enthalten, das durch  
 eine allgemeine chemische Formel ausgedrückt wird:



( $R_{10}$  bis  $R_{12}$  verkörpern Wasserstoff, Sauerstoff oder  
 eine einwertige Kohlenwasserstoffgruppe,  $n_1$  verkör-  
 pert eine ganze Zahl zwischen 5 und 200, und X ver-  
 körpernt Wasserstoff oder Silicium) oder durch:

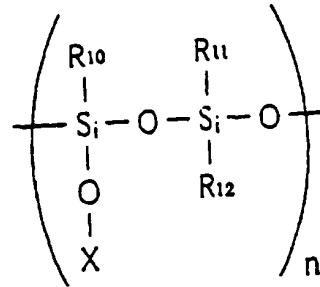


( $R_{13}$  bis  $R_{16}$  verkörpern Wasserstoff, Fluor oder eine  
 einwertige Kohlenwasserstoffgruppe,  $n_2$  ist eine ganze  
 Zahl zwischen 5 und 100, wobei wenigstens eines von  
 $R_{13}$  bis  $R_{16}$  Wasserstoff ist),  
 bei dem ersten siliciumoxidhaltigen porösen Material  
 wenigstens eines von  $R_{10}$  bis  $R_{12}$  eine Phenylgruppe  
 oder eine Kohlenwasserstoffgruppe mit zwei bis fünf  
 Kohlenstoffatomen ist oder wenigstens eines von  $R_{13}$   
 bis  $R_{16}$  eine Phenylgruppe oder eine Kohlenwasser-  
 stoffgruppe mit zwei bis fünf Kohlenstoffatomen ist  
 und bei dem zweiten siliciumoxidhaltigen porösen Ma-  
 terial keines von  $R_{10}$  bis  $R_{12}$  eine Kohlenwasserstoff-  
 gruppe mit zwei oder mehr Kohlenstoffatomen ist oder  
 keines von  $R_{13}$  bis  $R_{16}$  eine Kohlenwasserstoffgruppe  
 mit zwei oder mehr Kohlenstoffatomen ist.

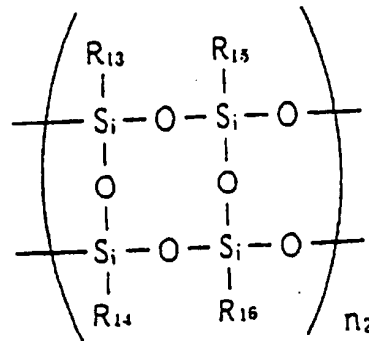
17. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrich-  
 tung mit den folgenden Schritten:  
 Bilden eines ersten Films aus einem ersten silicium-  
 oxidhaltigen porösen Material auf einer Oberfläche ei-  
 nes Halbleitersubstrates;  
 Bilden eines zweiten Films aus einem zweiten silici-  
 umoxidhaltigen porösen Material direkt auf einer  
 Oberfläche des ersten Films;  
 Bilden eines Grabens mit einer Tiefe, die größer als  
 eine Dicke des zweiten Films ist, und eines Durch-

gangslochs durch den ersten Film, welches Durch-  
 gangsloch durch den Graben teilweise überlappt wird;  
 und

Vergraben eines leitfähigen Materials in dem Durch-  
 gangsloch und dem Graben,  
 bei dem die ersten und zweiten siliciumoxidhaltigen  
 porösen Materialien Siloxanharz enthalten, das durch  
 eine allgemeine chemische Formel ausgedrückt wird:



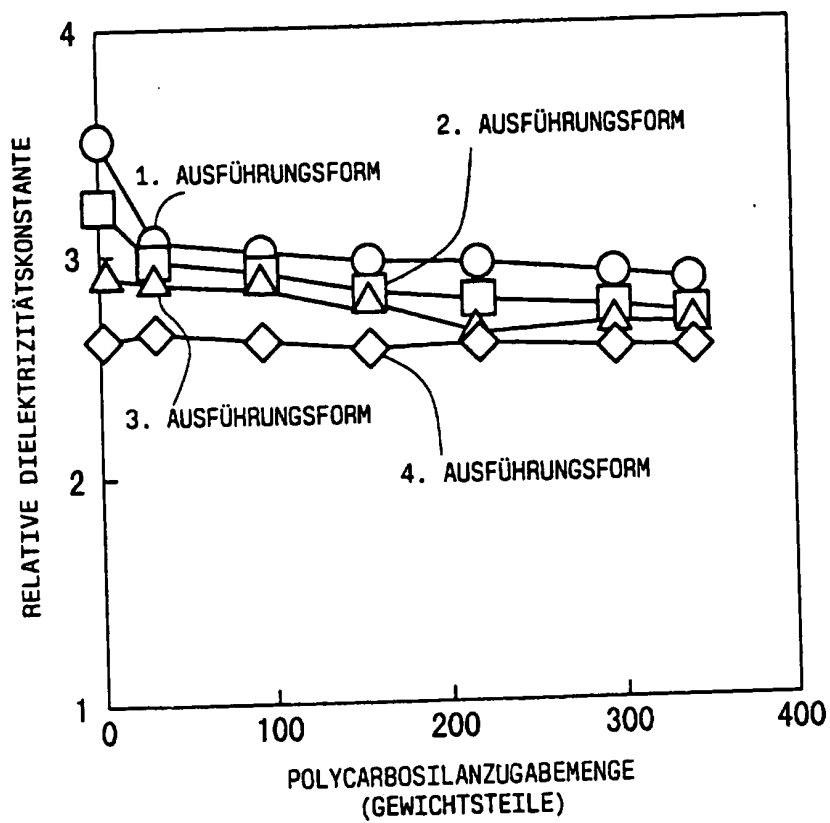
( $R_{10}$  bis  $R_{12}$  verkörpern Wasserstoff, Sauerstoff oder  
 eine einwertige Kohlenwasserstoffgruppe,  $n_1$  verkör-  
 pert eine ganze Zahl zwischen 5 und 200, und X ver-  
 körpernt Wasserstoff oder Silicium) oder durch:



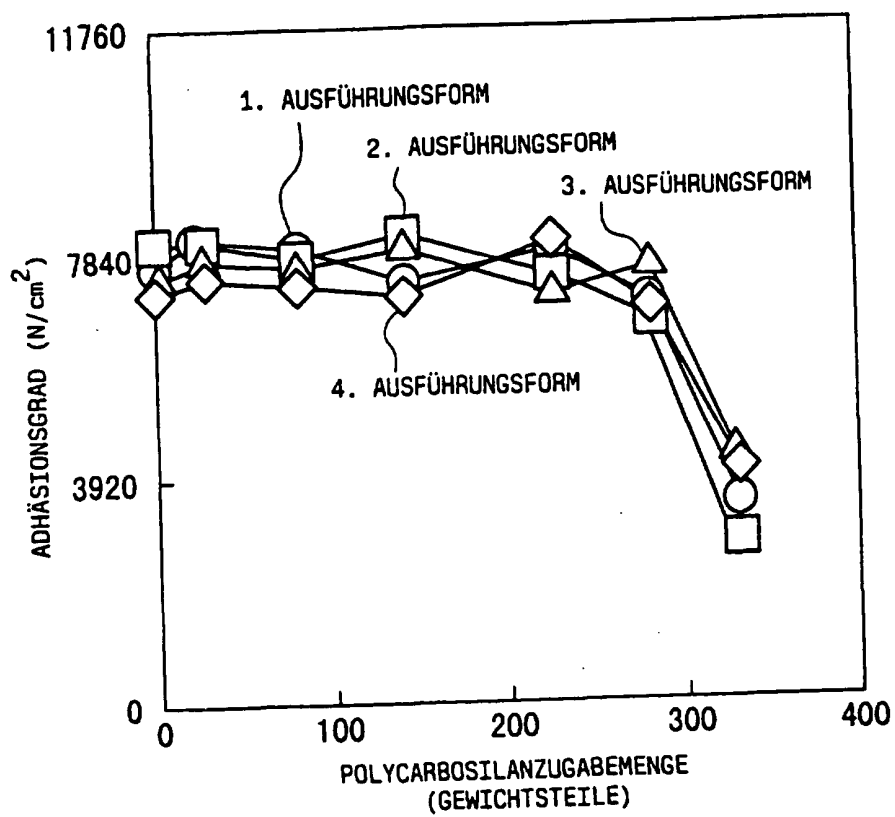
( $R_{13}$  bis  $R_{16}$  verkörpern Wasserstoff, Fluor oder eine  
 einwertige Kohlenwasserstoffgruppe,  $n_2$  ist eine ganze  
 Zahl zwischen 5 und 100, wobei wenigstens eines von  
 $R_{13}$  bis  $R_{16}$  Wasserstoff ist),  
 bei dem ersten siliciumoxidhaltigen porösen Material  
 wenigstens eines von  $R_{10}$  bis  $R_{12}$  eine Phenylgruppe  
 oder eine Kohlenwasserstoffgruppe mit zwei bis fünf  
 Kohlenstoffatomen ist oder wenigstens eines von  $R_{13}$   
 bis  $R_{16}$  eine Phenylgruppe oder eine Kohlenwasser-  
 stoffgruppe mit zwei bis fünf Kohlenstoffatomen ist  
 und bei dem zweiten siliciumoxidhaltigen porösen Ma-  
 terial keines von  $R_{10}$  bis  $R_{12}$  eine Kohlenwasserstoff-  
 gruppe mit zwei oder mehr Kohlenstoffatomen ist oder  
 keines von  $R_{13}$  bis  $R_{16}$  eine Kohlenwasserstoffgruppe  
 mit zwei oder mehr Kohlenstoffatomen ist.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

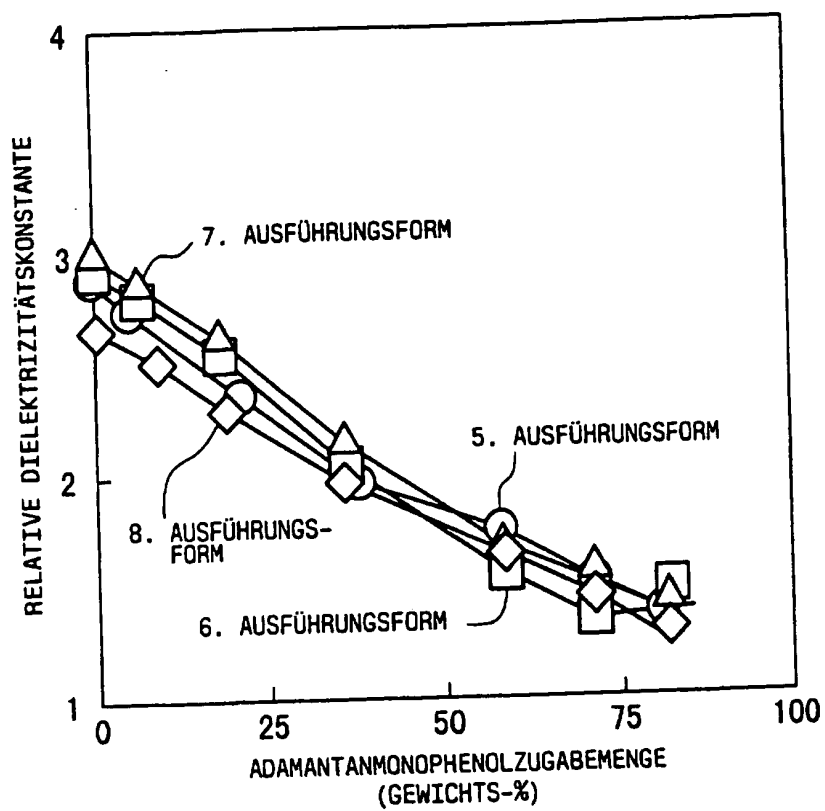
**FIG.1**



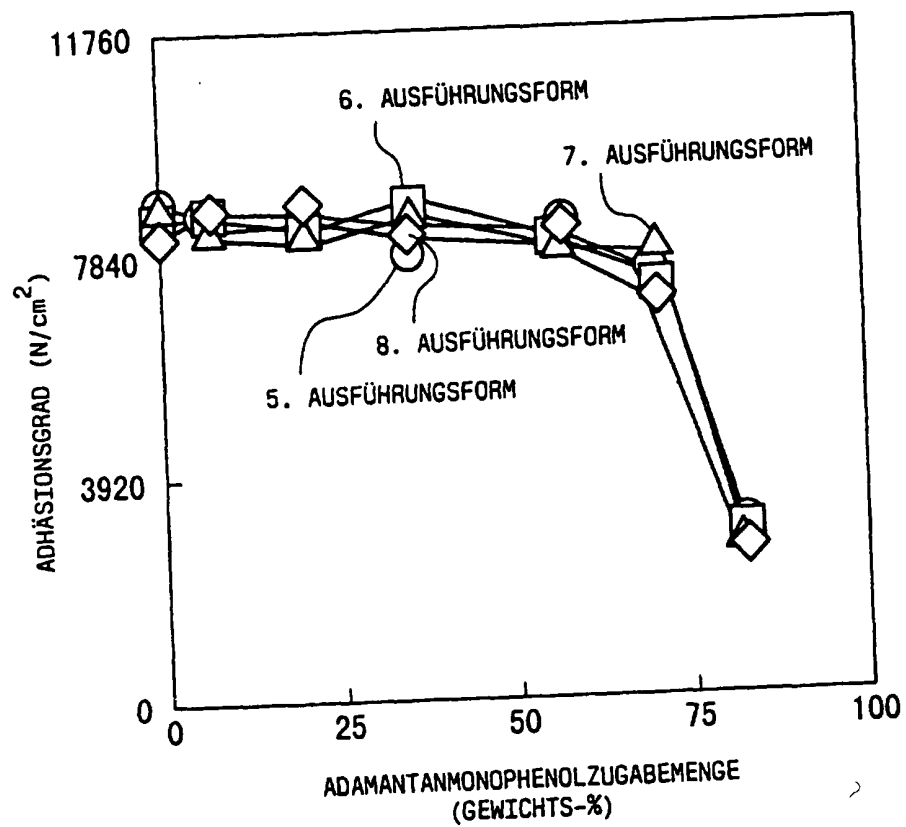
**FIG.2**



**FIG.3**

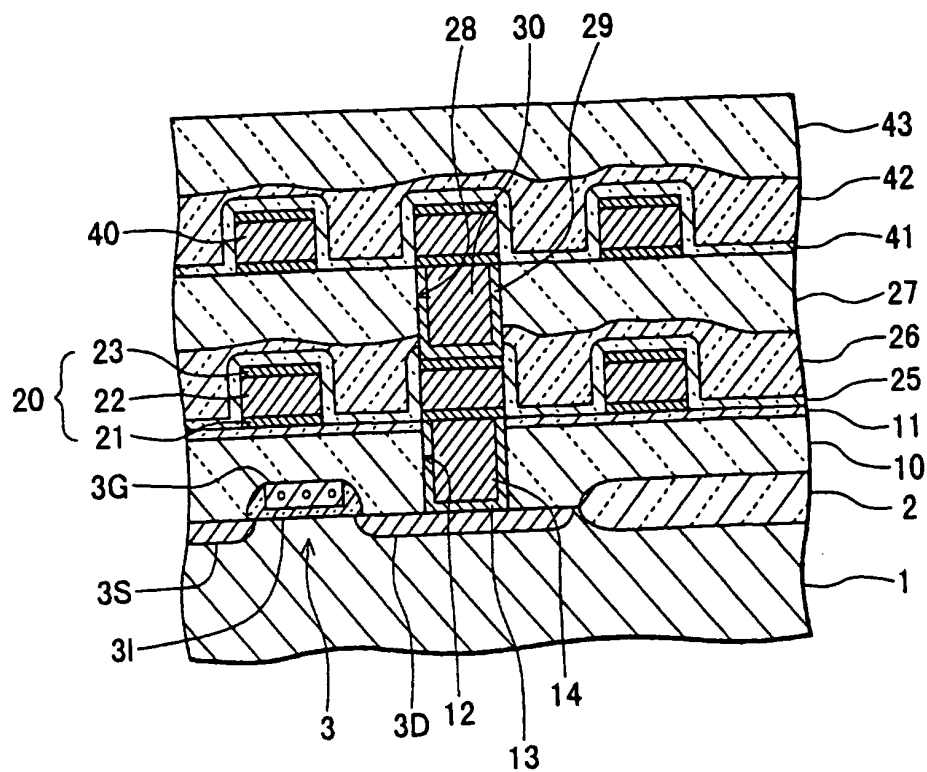


**FIG.4**

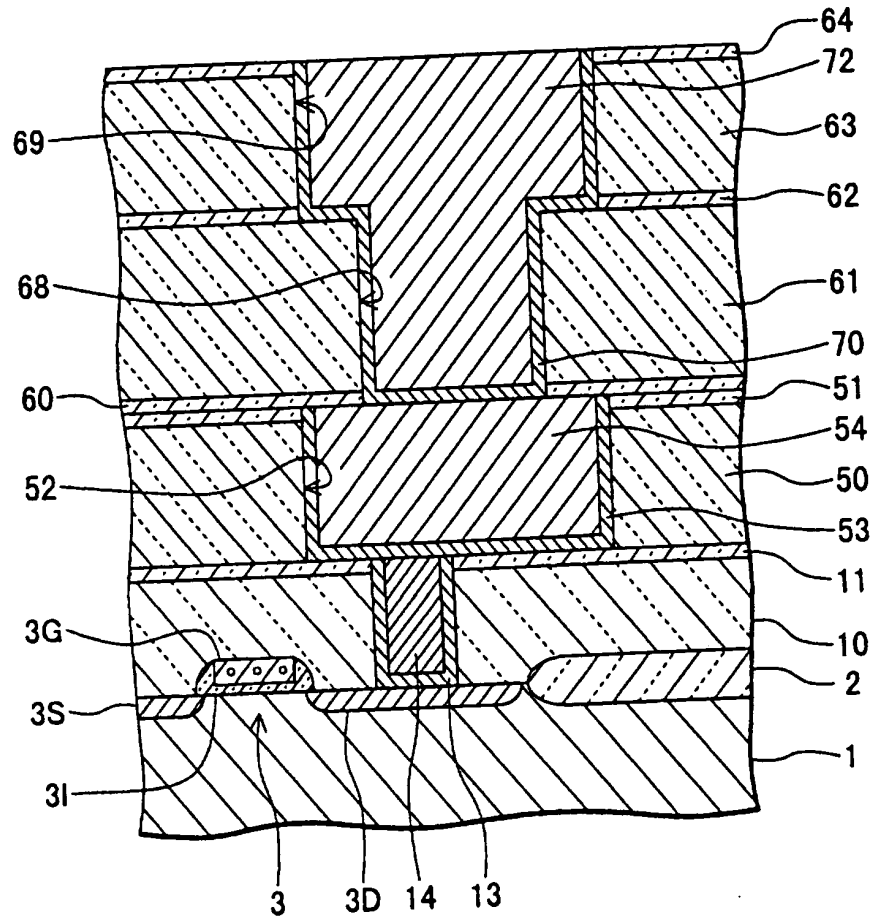




**FIG.5**



**FIG.6**



**FIG.7**

